

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 12.03.01 Приборостроение
 Отделение контроля и диагностики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование качества пенопеночных индикаторов для решения задач контроля проникающими веществами

УДК 620.179.111.5:661.185

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б7А	Цыбиков Бато Владимирович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Лобанова И.С	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН	Гасанов М.А.	д.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Авдеева И.И.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП 12.03.01 Приборостроение	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Мойзес Б.Б.	к.т.н., доцент		

Томск – 2021 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции СУОС	Наименование компетенции СУОС
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном и иностранном (-ых) языке
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики
ОПК(У)-2	Способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий
ОПК(У)-3	Способность выявлять естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат
ОПК(У)-4	Способность учитывать современные тенденции развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности
ОПК(У)-5	Способность обрабатывать и представлять данные экспериментальных исследований
ОПК(У)-6	Способность собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по тематике исследования
ОПК(У)-7	Способность использовать современные программные средства подготовки конструкторско-технологической документации
ОПК(У)-8	Способность использовать нормативные документы в своей деятельности
ОПК(У)-9	Способность владеть методами информационных технологий, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны
ОПК(У)-10	Готовность пользоваться основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-5	Способность к анализу, расчету, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов на схемотехническом и элементном уровнях
ПК(У)-6	Способность к оценке технологичности и технологическому контролю простых и средней сложности конструкторских решений, разработке типовых процессов контроля параметров механических, оптических и оптико-электронных деталей и узлов
ПК(У)-7	Готовность к участию в монтаже, наладке настройке, юстировке, испытаниях, сдаче в эксплуатацию опытных образцов, сервисном обслуживании и ремонте техники
ПК(У)-8	Способность к расчету норм выработки, технологических нормативов на расход материалов, заготовок, инструмента, выбору типового оборудования, предварительной оценке экономической эффективности техпроцессов
ПК(У)-9	Способность к разработке технических заданий на конструирование отдельных узлов приспособлений, оснастки и специального инструмента, предусмотренных технологией
ПК(У)-10	Готовность к участию в работах по доводке и освоению техпроцессов в ходе технологической подготовки оптического производства
ПК(У)-11	Способность к организации входного контроля материалов и комплектующих изделий
ПК(У)-12	Готовность к внедрению технологических процессов производства, метрологического обеспечения и контроля качества элементов приборов различного назначения

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 12.03.01 Приборостроение
 Отделение контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ Б.Б. Мойзес

« ____ » _____ 202

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
1Б7А	Цыбиков Бато Владимирович

Тема работы:

Исследование качества пенопеночных индикаторов для решения задач контроля проникающими веществами	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	Приказ №12-46/с от 12.01.2021

Срок сдачи студентом выполненной работы:	11.06.2021
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объектом исследования является пенопеночные индикаторы. Целью было сравнить качество пенопеночных составов разных производителей: компании Helling, ППИ №1 производитель НТЦ «Эксперт» и пенопеночный индикатор, изготовленный в соответствии с требованиями СДОС 07-2012.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ul style="list-style-type: none"> - провести обзор пенопеночных индикаторов и влияние факторов на их качество; - проверить устойчивость пенопеночных индикаторов к сползанию; - проверить чувствительность пенопеночных индикаторов на натурном образце; - по результатам проверок сделать выводы о пригодности материалов к использованию
Перечень графического материала	-
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант

«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Гасанов Маггерам Али оглы, профессор ОСГН
«Социальная ответственность»	Авдеева Ирина Ивановна, старший преподаватель ООД
Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	05.10.2020

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Лобанова Ирина Сергеевна	К.Т.Н.		05.10.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б7А	Цыбиков Бато Владимирович		05.10.2020

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 12.03.01 Приборостроение
 Отделение контроля и диагностики
 Период выполнения 2020/2021 учебные года

Форма представления работы:

бакалаврская работа
(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	11.06.2021
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
25.12.2020	Обзор источников информации	10
25.12.2020	Формулирование целей и задач работы, формулирование предмета и объекта разработки	5
30.01.2021	Проведение инженерных расчетов, разработка конструкции объекта	20
30.04.2021	Разработка плана эксперимента и его проведение экспериментов, интерпретация результатов эксперимента	20
4.06.2021	Анализ полученных результатов и выводы о достижении цели в основном разделе ВКР	5
4.06.2021	Разработка разделов «Социальная ответственность», «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
11.06.2021	Оформление ВКР и презентационных материалов	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Лобанова И.С	к.т.н, доцент		05.10.2020

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП 12.03.01 «Приборостроение»	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Мойзес Б.Б.	к.т.н., доцент		05.10.2020

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1Б7А	Цыбиков Бато Владимирович

Школа	ИШПР	Отделение	ОКД
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Приборостроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НТИ
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Проведение оценки экономической эффективности исследования пенопленочного индикатора
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. График проведения НТИ 4. Определение бюджета НТИ 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН	Гасанов Магеррам Али оглы	Доктор экономических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б7А	Цыбиков Бато Владимирович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1Б7А	Цыбиков Бато Владимирович

Школа	ИШНКБ	Отделение (НОЦ)	ОКД
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	12.03.01 Приборостроение

Тема ВКР:

Исследование качества пенопленочных индикаторов для решения задач контроля проникающими веществами	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>Объект исследования – три вида специальных индикаторных средств для оценки герметичности</p> <p>Рабочая зона – 18 корпус ТПУ, учебная лаборатория 403. Технологический процесс включает в себя следующие виды работ: работа с пенопленочным индикатором, с мыльным раствором и аэрозольным баллоном. Площадь отапливаемого помещения 22.2 м², освещение смешанное, наличие рабочего стола оператора.</p> <p>Области применения – нефтегазовая промышленность, авиация и атомная энергетика, бытовые газовые системы, объекты Ростехнадзора</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>Законодательные и нормативные документы по теме:</p> <p>ГОСТ 12.0.003-2015</p> <p>СанПиН 2.2.4.548-96</p> <p>ГОСТ 12.1.003-83</p> <p>СН 2.2.4/2.1.8.566-96</p> <p>СанПиН 1.2.3685-21</p> <p>ГОСТ 12.1.002-84</p> <p>ГОСТ Р 22.0.01-2016</p> <p>ГОСТ 12.0.004-2015</p> <p>ГОСТ 12.2.032-78</p> <p>СП 52.13330.2016</p> <p>ГОСТ 12.1.005-88</p> <p>ГОСТ 12.1.038-82</p> <p>ГОСТ 28249-93</p> <p>Трудовой кодекс РФ от 30.12.2001 №197-ФЗ (ред. От 09.03.2021)</p> <p>Приказ Минтруда РФ от 15 декабря 2020 г. N 903н «Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок»</p> <p>Приказ от 15 декабря 2020 года N 536 Об утверждении федеральных норм и правил в</p>

	<p>области промышленной безопасности "Правила промышленной безопасности при использовании оборудования, работающего под избыточным давлением".</p> <p>Федеральный закон № 426-ФЗ от 28.12.2013 г. Федеральный закон № 421-ФЗ от 28.12.2013 г. Федеральный закон № 123-ФЗ от 22.07.2008 г. Конституция Российской Федерации</p>
<p>2. Производственная безопасность:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>Выявить вредные факторы в учебной лаборатории: освещенность, шум, вибрации, микроклимат, повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;</p> <p>Рассмотреть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • требования к технике безопасности при работе с оптическими приборами; • влияние психофизиологических факторов: монотонность труда, физические и эмоциональные перегрузки, зрительное и умственное перенапряжение. <p>Выявить опасные факторы, относящиеся к оборудованию: повышенная температура рабочей поверхности, электрический ток, короткое замыкание, механические повреждения. Предлагаемые средства защиты: перчатки, спецодежда.</p>
<p>3. Экологическая безопасность:</p>	<p>Рассмотреть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Анализ воздействия объекта на литосферу (утилизация частей оборудования, компьютерной техники и периферийных устройств); • Химическое загрязнение водотоков в результате отмывания химических отходов в канализационную сеть: ароматические соединения, анилин; • Необходимость осуществлять отдельный сбор и хранение отходов (части оборудования, макулатура), подвергать их переработке, утилизации или захоронению.
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<p>Определить перечень наиболее возможных ЧС: пожар, взрыв, разрушение зданий в результате разрядов атмосферного электричества, ураган.</p> <p>Наиболее актуальная ЧС – возникновение пожара;</p> <p>Рассмотреть профилактические мероприятия, требования к безопасности и меры по ликвидации её последствий:</p> <p>1. использование огнетушителя, песка, асбестового одеяла, пожарного крана и пожарного щита;</p>

	2. обеспечение средствами индивидуальной защиты; 3. организационная эвакуация работников.
--	--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2021
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
старший преподаватель	Авдеева Ирина Ивановна	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б7А	Цыбиков Бато Владимирович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 76 с., 22 табл., 9 рис., 20 источников.

Ключевые слова: контроль герметичности, пенопеночный индикатор, контрольный образец, течь.

Объектом исследования являются пенопеночные индикаторы разных марок.

Целью работы было сравнить качество пенопеночных составов разных производителей: компании Helling, ППИ №1 производитель НТЦ «Эксперт» и пенопеночный индикатор, изготовленные в соответствии с требованиями СДОС 07-2012.

В процессе исследования проводились эксперименты с пенопеночными индикаторами на устойчивость к сползанию и проверке чувствительности индикаторов на контрольном образце

В результате исследования получен ряд закономерностей, который будет полезен для дальнейших исследований

Область применения: нефтегазовая промышленность, авиация и атомная энергетика, бытовые газовые системы, объекты Ростехнадзора

Практическая эффективность данной работы состоит в том, что исследования, проведенные в ней и закономерности, выявленные в результате, позволят подобрать пенопеночный индикатор для контроля объектов в зависимости от различных факторов.

Нормативные ссылки.

1. СДОС-07-2012 Методические рекомендации о порядке проведения контроля герметичности технических устройств и сооружений, применяемых и эксплуатируемых на опасных производственных объектах.
2. ГОСТ Р 50.05.01-2018 Система оценки соответствия в области использования атомной энергии. Оценка соответствия в форме контроля. Унифицированные методики. Контроль герметичности газовыми и жидкостными методами. Унифицированные методики. Контроль герметичности газовыми и жидкостными методами.
3. ГОСТ 24054-80 Изделия машиностроения и приборостроения. Методы испытаний на герметичность. Общие требования.

Принятые обозначения и сокращения.

ОК – объект контроля

ЭВМ – электронно-вычислительная машина

ППИ – пенопленочный индикатор

ППС – пенопленочный состав

АЭС – Атомная электростанция

НТД – нормативно-техническая документация

ПАВ – поверхностно-активное вещество

КТ- контрольные течи

НК – неразрушающий контроль

Оглавление

Введение	15
1.1 Область применения методов контроля герметичности	16
1.2 Контроль герметичности опасных производственных объектов	17
1.3 Классификация способов контроля герметичности.....	19
1.4 Проведение КГ пузырьковым методом.....	22
2. Пенопленочные индикаторы для контроля герметичности пузырьковым методом.....	27
2.1. Факторы, влияющие на качество пенопленочных индикаторов	28
2.1.1 Рецептура и состав	28
2.1.2 Условия хранения.....	29
2.2 Контрольные течи для проверки работоспособности пенопленочных индикаторов.....	29
2.3 Обзор составов пенопленочных индикаторов.....	31
3. Оценка качества пенопленочных индикаторов.....	33
3.1. Проверка на устойчивость к сползанию	33
3.2 Проверка чувствительности индикаторов на контрольном образце.....	34
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	39
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	39
4.1.1 Анализ конкурентных технических решений	39
4.1.2 SWOT-анализ.....	41
4.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	43
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	43
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ	44
4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования	45
4.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	51
4.2.4.1 Расчет материальных затрат НТИ.....	51
4.2.4.2 Расчет затрат на оборудование для научно-экспериментальных работ	

4.2.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы	54
4.2.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	57
4.2.4.5 Накладные расходы	58
4.2.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	58
4.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	60
5. Социальная ответственность	63
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	63
5.2 Производственная безопасность	64
5.3 Экологическая безопасность	70
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	71
Заключение	74
Список информационных источников	75

Введение

Методы НК активно применяются в различных отраслях промышленности. Без таких обследований не обходится ни одно предприятие в газовой, химической, атомной отрасли. НК позволяет провести диагностику различных агрегатов и изделий, сохраняя его целостность и работоспособность.

Контроль герметичности применяют при вводе объектов контроля в эксплуатацию, оценке качества работ после ремонта, получении достоверной информации по техническому состоянию. Одним из методов контроля герметичности является пузырьковый метод. Этот метод не имеет равных по экспертизе и диагностированию агрегатов в полевых условиях. Основными средствами при проведении контроля герметичности пузырьковым методом является пенопленочный индикатор.

На качество пенопленочного состава могут влиять различные факторы: состав, рецептура и условия хранения.

Целью работы было сравнить качество пенопленочных составов разных производителей: компании Helling, ППИ №1 производитель НТЦ «Эксперт» и пенопленочный индикатор, изготовленные в соответствии с требованиями СДОС 07-2012.

Для решения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести обзор пенопленочных индикаторов и влияние факторов на их качество;
- проверить устойчивость пенопленочных индикаторов к сползанию;
- проверить чувствительность пенопленочных индикаторов на натурном образце;
- по результатам проверок сделать выводы о пригодности материалов к использованию.

1.1 Область применения методов контроля герметичности

Под герметичностью системы подразумевают свойство стенок не пропускать из ограничивающего объема различные газы и жидкости. Наличие или отсутствие сквозных дефектов характеризует степень герметичности ОК. Если в объекте при проведении контроля не были выявлены утечки, натекания или были выявлены допустимые по техническим условиям для изделия неплотности, то объект считается герметичным

Контроль герметичности – один из видов неразрушающего контроля деталей и изделий, заключающийся в измерении или оценке суммарного потока рабочего, контрольного либо пробного вещества, проникающего через неплотности, для сравнения с допускаемой по техническим условиям на изготовление изделия величиной.

В современное время при развитии промышленности, новых технологий в связи с достижением максимально достижимых параметров оборудования и машин на опасных производственных объектах контроль герметичности приобретает важную роль. Требования для контроля герметичности к вакуумным системам вследствие большого времени хранения могут быть очень высокими, что приходится применять самые чувствительные аппараты. Бывает так, что используемые аппараты и средства контроля не справляются с этой задачей. Задача создания рентабельных и целесообразных методов и способов контроля герметичности всегда актуальна. Так как объекты и изделия очень разнообразны, имеют разные формы, объемы, нужно развивать приборы и средства контроля герметичности, отличающихся по возможности автоматизации, чувствительности и быстродействию.

В быту есть большое количество различных объектов и изделий, которым требования к герметичности не очень высокие. В данном случае необходимо обеспечить высокую производительность автоматизированного

контроля. Можно сказать, что возможно совершенствование методов для точного определения местонахождения течи и улучшение разработок.

К преимуществам метода контроля герметичности можно отнести:

- высокую производительность и простоту использования;
- высокую чувствительность;
- универсальность.

Нарушение герметичности объектов могут быть связаны с наличием сквозных дефектов в местах неразъемных соединений. Дефекты образуются в самом начале производства материалов, при механической обработке, при соединении отдельных частей изделия. Важно отметить, что при сборке единиц наиболее часто используют сварку и пайку. Дефектами сварного шва являются трещины, непровары, пористость, газовые включения, а также рекристаллизация основного металла в зоне сварного шва. Возникающие течи могут быть различных форм и разных размеров.

Контроль герметичности изделий и деталей проводится в целях обнаружения сквозных дефектов в сварных, паяных и разъемных соединениях и других материалах, обусловленных наличием трещин, прожогов, межкристаллитной коррозии, коррозионного растрескивания, а также определения их расположения и определения их соответствия нормам герметичности.

Таким образом, сквозные дефекты могут возникнуть из-за повреждений, под действием коррозии, износа уплотняющих материалов и при воздействии на него механических нагрузок и при сварке, пайке, а также несоблюдение технических требований по свойствам материалов.

1.2 Контроль герметичности опасных производственных объектов

Контроль герметичности успешно справляется с задачами для оценки технического состояния промышленных объектов и оборудования,

подконтрольных Ростехнадзору. К таким объектам, например, относят полые изделия, нашедшие применение в машиностроении, химической, нефтегазовой, авиационной промышленности, трубопроводы для транспортирования нефти и газов, сосуды различного давления, баки для топлива или масла, железнодорожные цистерны, баллоны для ацетилена или гелия и пр. Надежно герметизированы должны быть системы самолетов, подводных и надводных судов, установки на АЭС, где малейшее отклонение может привести к серьезным последствиям.

Для обнаружения течей при контроле трубопроводов используются три главных метода. Эти методы сильно отличаются между собой и очень своеобразны.

Биологический метод заключается в обнаружении дефектов при помощи оптического контроля и обоняния. Этот метод применим для опытных специалистов, которые могут заметить что-то необычное: услышать шумы, заметить запах, увидеть течь. Недостатком является невозможность проверить объекты под водой.

Аппаратурный метод отличается тем, что для обнаружения течей используется специальное оборудование, например, ультразвуковые течеискатели и детекторы акустической эмиссии.

Программный метод (с применением ЭВМ) используется для мониторинга внутреннего состояния объекта контроля, далее ОК.

Контроль герметичности объектов можно подразделить на внешний и на внутренний. Внешний – обнаружение утечки на поверхности ОК, а внутренний – как в программных методах, при измерении давления, температуры.

Для предотвращения плачевных последствий в промышленности создали систему обнаружения течей для оповещения оператора. Это позволяет заранее обнаружить течь и позволяет предотвратить происшествие.

1.3 Классификация способов контроля герметичности

По первому информативному признаку контроль герметичности подразделяются на жидкостные и газовые, которые основываются на теоретических положениях механики жидкостей и газов. На рисунке 1, представленном в [3], приведена классификация методов и способов течеискания

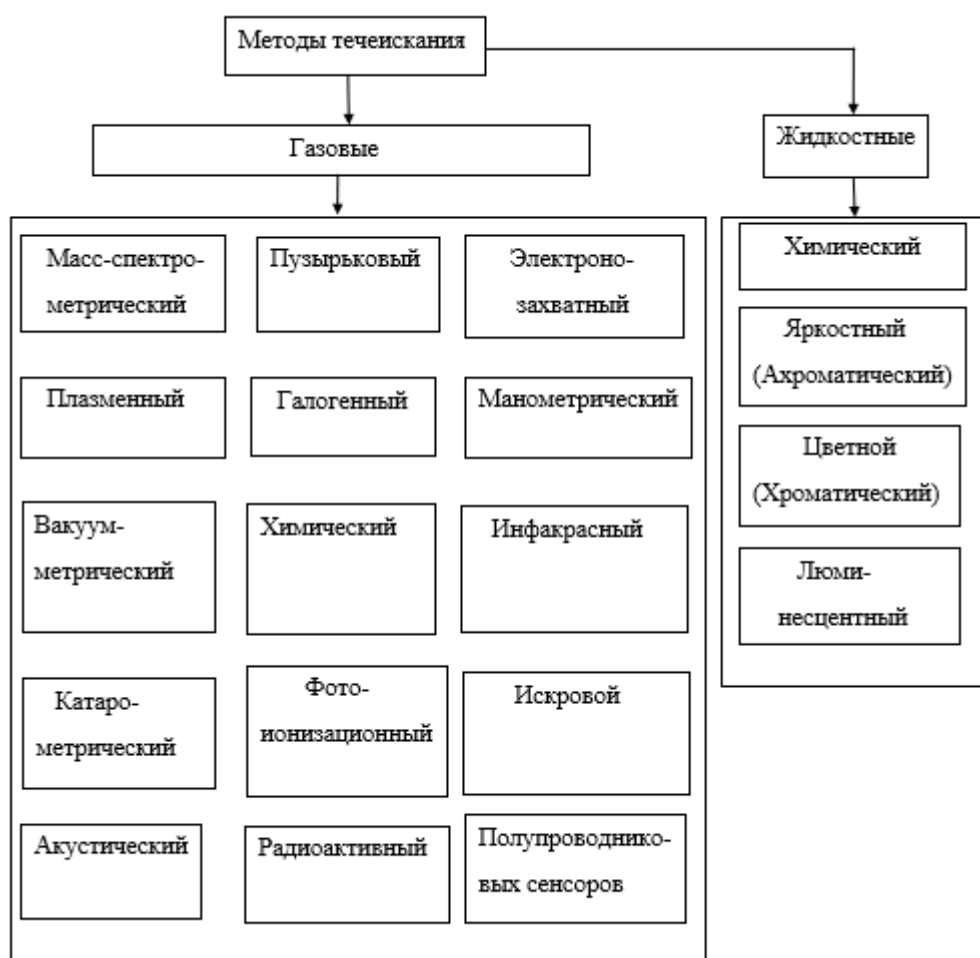


Рисунок 1 – Классификация методов течеискания [3]

Масс-спектрометрический метод используется для различных объектов: вакуумных систем, замкнутых изделий. Методы высоко чувствительны, но требуют значительных затрат труда и технического оснащения.

Манометрический метод основан на регистрации падения давления в закрытых системах, трубопроводах. По понижению давления судят о герметичности объекта. Если давление не изменилось, то объект считают герметичным.

Химический метод используется для контроля герметичности при помощи химических реакций для обнаружения дефектов. При воздействии пробного газа на индикатор происходит химическая реакция и образуется индикаторный след. Недостатком является использование вредных веществ, которые могут негативно влиять на организм.

Катаро-метрический метод нашел применение при контроле изделий при эксплуатации, за счет своей низкой стоимости, а также небольших размеров прибора. Методы этой группы низко чувствительны, но выполнение простое при незначительной затрате труда.

Акустический метод основан на индикации ультразвуковых волн, которые получаются в результате прохождения пробного газа через течь. Он нашел применение в химической промышленности, подземных трубопроводах и для компонентов электроники.

Контроль герметичности является обязательным при вводе объектов в эксплуатацию. Сначала происходит определение степени герметичности объекта с целью его соответствия техническим требованиям. Если утечка (натекание) не зафиксированы, то можно утверждать о герметичности ОК в пределах пороговой чувствительности проведенных испытаний. При установлении факта негерметичности переходят к следующему этапу - выявлению негерметичных элементов объекта для локализации течей, а затем к поиску мест течей и их устранению.

Технологический процесс контроля герметичности включает в себя следующие этапы:

- подготовка объекта к контролю;
- заполнение ОК пробным веществом или вакуумирование;
- транспортировку пробного вещества от дефекта до индикатора;

- регистрацию параметров испытания.

На рисунке 2 представлена более полная схема технологического процесса контроля герметичности.

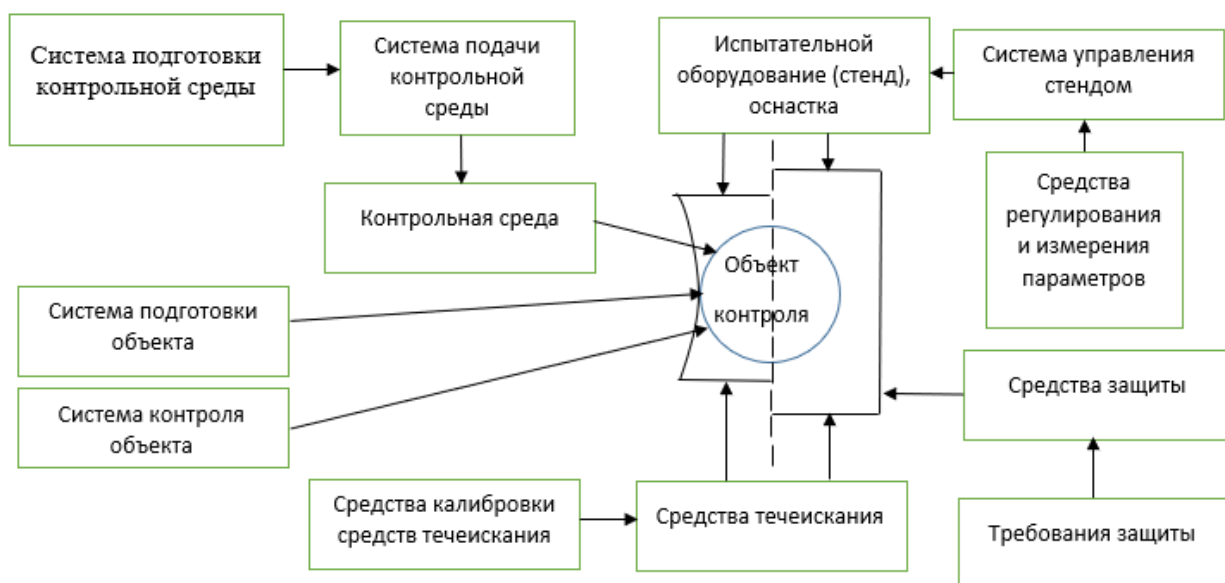


Рисунок 2 – Структурная схема технологического процесса испытаний на герметичность

Объект, подлежащий к контролю, должен быть изготовлен по требованиям технической документации. Для выявления дефектов малых размеров необходимо провести очистку от загрязнений, которыми микродефект может закупориться в процессе заготовки изделия. Поэтому проведение контроля на герметичность систем с покрытиями надо проводить до ее нанесения. Также источником загрязнения может служить атмосферная влажность. Такое перекрытие микродефекта ненадежно, поэтому хранят изделие или объект до испытаний определенное время.

Поверхность, подлежащая к контролю, должна быть очищена, обезжирена. Благодаря этому могут быть обнаружены микронеплотности, которые могут перекрыться мелкими частицами. Очистку, обезжиривание и сушку внутренних и наружных поверхностей объекта надо проводить исходя из строения объекта и осуществляется в соответствии с ГОСТ 9.402-2004.

При контроле герметичности используются пробные вещества и контрольные среды.

Пробное вещество должно соответствовать требованиям изделия к герметичности.

Метод очистки ОК выбирается согласно особенностям конструкции, степени загрязнения, наличия оборудования и приспособлений. Можно провести очистку как механически при помощи пылесоса, продувки воздухом, протирки, так и химически, пользуясь моющими водными растворами.

При операциях по очистке важно пользоваться чистой дистиллированной водой. Протирают контролируемую зону салфетками или малярными кистями. Наличие жесткой и грубой волосяной части в кистях и щетках не допускается. Очищают водным раствором. внутреннюю полость объекта. Химическую очистку проводят для обезжиривания и для тщательного удаления излишков, загрязняющих поверхность, например, фреоном-113.

После очистки проводится осмотр на наличие или отсутствие загрязнений. Протирают салфеткой, смоченной в рабочей жидкости. Если на салфетке нет излишков, то поверхность готова для контроля.

1.4 Проведение КГ пузырьковым методом.

К преимуществам пузырькового метода относится:

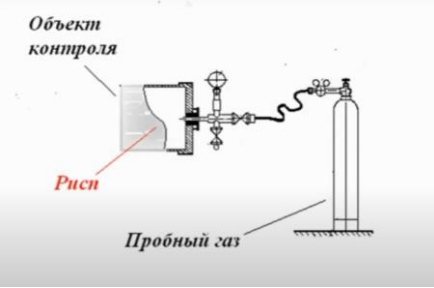
- простота контроля;
- отсутствие высоких требований по техническому оснащению и по специальным пробным газам;
- высокая чувствительность;
- выявление течи в ходе контроля;
- возможность контроля при одностороннем доступе.

К недостаткам относится невозможность контроля объектов больших размеров из-за погружения изделия в резервуар при аквариумном способе.

Имеется опасность коррозии поверхности в результате длительного действия на ОК жидкого вещества. Чувствительность метода иногда оказывается недостаточной. Опыт и знания работника, проводящего контроль, имеет значительную роль при проведении испытаний.

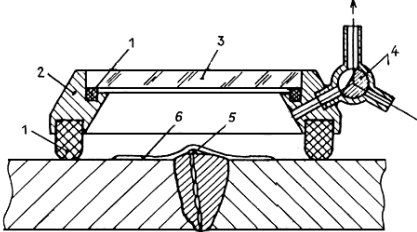
Данный способ нашел широкое применение в быту. Средством для контроля пузырьковым методом наиболее часто используют мыльную эмульсию. Основным компонентом при получении мыльного раствора является вода. Он имеет малую динамическую вязкость и большой коэффициент поверхностного натяжения. Для обеспечения устойчивости мыльным пузырям нужно увеличить вязкость жидкость, поэтому добавляют мыло. Полученный раствор будет медленно стекать и иметь малый коэффициент поверхностного натяжения. В таблице 1 приведен краткий обзор способов контроля герметичности пузырьковым методом.

Таблица 1 – Пузырьковые методы КГ

Наименование	Сущность контроля	Проведение контроля	Схема контроля
Пневматический способ надувом воздуха.	Данный метод заключается в фиксации течей на контролируемой поверхности по появлению пузырьков, пенных вздутий и коконов. Они определяются визуальным осмотром в ходе испытаний.	На наружную поверхность ОК наносится индикаторный состав либо пленка, а во внутрь подается избыточное давление. Контрольный газ, проникая через микродефекты поверхности, воздействует на индикатор, образуя пузырьки и пенные вздутия. Осуществляется визуальное наблюдение непосредственно после нанесения индикатора. Время наблюдения за состоянием поверхности при нанесении мыльной эмульсии составляет не более 2 - 3 мин..	 <p>Рисунок 3 – схема контроля пневматическим способом</p>

<p>Пневмогидравлический аквариумный способ.</p>	<p>объект, заполненный газом под избыточным давлением, погружают в жидкость. Газ, выходящий в местах течей, вызывает образование пузырей в жидкости. Места течей определяют по пузырькам контрольного газа в индикаторной жидкости.</p>	<p>Контролируемое изделие помещается в емкость. В изделии создается испытательное давление пробного газа. В емкость заливается жидкость до уровня не менее 100 - 150 мм над контролируемой поверхностью изделия для полного 100% контроля. Признаком течи в изделии является образование всплывающих к поверхности жидкости пузырьков воздуха, периодически образующихся на определенном участке поверхности изделия.</p>	<div data-bbox="1579 327 2027 582" data-label="Diagram"> </div> <p>Рисунок 4 – Схема контроля пневмогидравлическим аквариумным способом</p> <p>Редукционный клапан -1</p> <p>Манометр - 2</p> <p>Клапан – 3,4,7</p> <p>Бак - 5</p> <p>ОК - 6</p>
---	---	---	--

Продолжение таблицы 1

<p>Пузырьковый вакуумный способ.</p>	<p>Сущность способа заключается в том, что перед установкой вакуумной камеры контролируемый участок конструкции смачивается пенообразующим составом, в камере создается вакуум. В местах течей образуются пузыри, коконы или разрывы пленки, видимые через прозрачный верх камеры. Вакуумную камеру выставляют так, чтобы она перекрывала предыдущий проконтролированный участок, для полного контроля без пропусков.</p>	<p>На контролируемый участок наносится пенообразующий состав. Далее на этот же участок устанавливается вакуумная камера. В вакуумной камере создается давление 180 - 200 мм рт. ст.</p> <p>Время с момента нанесения состава до момента осмотра не должно превышать 10 мин; Контроль проводится через прозрачный верх камеры визуальным осмотром контролируемого участка</p>	 <p>Рисунок 5 – схема контроля пузырьковым вакуумным способом</p> <p>1 - резиновые уплотнения; 2 - корпус камеры; 3 - окно; 4 - вакуумный кран; 5 - течь в сварном соединении; 6 - резиновые уплотнения</p>
--------------------------------------	---	--	--

2. Пенопленочные индикаторы для контроля герметичности пузырьковым методом

Основными средствами при проведении контроля герметичности вакуумно-пузырьковым и способом опрессовки с ППИ является пенопленочный индикатор – пенный состав, позволяющий обнаруживать дефекты в ОК по наличию пенных коконов или пузырения в местах утечек

Пенопленочный индикатор представляет собой раствор, полученный в результате перемешивания синтетических поверхностно-активных веществ, пленкообразователя и компонента, удерживающую влагу. Применение водных растворов синтетических ПАВ позволяет повысить чувствительность контроля за счет низкого поверхностного натяжения ПАВ ($\sigma = 27 \dots 35 \text{ мН/м}$), их высокой смачивающей и пенообразующей способности.

Индикаторную эмульсию в виде пены готовят путем взбивания первоначально приготовленной жидкости(раствора) до момента увеличения ее объема в 2...2,5 раза. При этом резко возрастает вязкость эмульсии. Отличительной особенностью пенного индикатора являются низкий удельный вес ($0,5 \dots 0,8 \text{ г/см}^3$), высокая структурная вязкость, пенно-ячеистая структура за счет низкого значения коэффициента поверхностного натяжения.

Готовят индикаторную эмульсию из расчета 0,1 ...0,2 л на 1 м³испытываемой поверхности.

Наносят индикатор в виде пленки или пены на контролируемую поверхность объекта специальной кисточкой или распылителем ровным слоем без пропусков. В случае образования ложных пузырьков на контролируемой поверхности их удаляют салфеткой или кистью. На месте удаленного ложного пузырька вновь наносят эмульсию.

При нанесении эмульсии на каждый участок контролируемой поверхности необходимо наблюдать за его состоянием, так как течи больше $1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 \cdot \text{Па/с}$ выявляются через 2...3 с, для выявления малых течей ($1 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3 \cdot \text{Па/с}$) объект выдерживают под испытательным давлением 15 мин. После

выдержки осматривают места нанесения эмульсии с целью обнаружения пузырьков, пенных образований или оголенных участков поверхности, появляющихся в местах течей. В сомнительных случаях повторно наносят эмульсию и наблюдают процесс деформации пленки. Повторное появление пузырьков свидетельствует о наличии течи.

В отличие от мыльного раствора, ППИ имеет более высокую чувствительность и способен выявлять даже слабые утечки, не фиксируемые мылом и прочими средствами. Порог чувствительности ППИ = $1 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3 \cdot \text{Па/с}$. ППИ-1 рекомендуется для контроля герметичности по [2] и соответствует требованиям [9].

2.1. Факторы, влияющие на качество пенопленочных индикаторов

2.1.1 Рецепттура и состав

Качество пенопленочного индикатора зависит от химического состава и рецептуры. Качество индикатора это есть химический состав, который прописан в технологических инструкциях, и в технических условиях показываються рецептуры индикаторов [1].

При приготовлении растворов необходимо пользоваться общими правилами. Важно, чтобы используемые приборы и средства: мензурки, банки, колбы были в чистоте. При получении растворов используется дистиллированная вода. Большие твердые куски реагентов измельчить для того, чтобы реакция с жидкостью проходила быстрее. Применение горячей воды для быстрого получения раствора иногда может изменить ее свойства. Нагревание также ускоряет процесс реакции, но некоторые компоненты могут раствориться, следовательно, изменится пропорция и состав. Для того, чтобы уменьшить процесс растворения возможно перемешивание при помощи кисточек, специальных приспособлений.

2.1.2 Условия хранения

Условия хранения – это объединение внешних воздействий, которые зависят от режима хранения и размещения, с учетом свойств индикатора. Устойчивость к внешним воздействиям – одна из основных характеристик при выборе средств для КГ.

Заданный санитарно-гигиенический режим необходим для сохранения качества состава в помещениях. Если будет несоблюдение данного режима, то при открытой банке на ППС возможно попадание пыли, мусора, который негативно будет влиять на индикатор.

Микроклимат зоны хранения определяется следующими данными: температурой хранения, относительной влажностью воздуха. Повышенная температура снижает срок хранения индикатора, так как возможно испарение газовой части состава. Пониженная температура также будет сказываться. Возможно заледенение раствора. Важное условие хранения индикаторов – это оптимальная температура. Оптимальная температура хранения товаров различается и зависит от свойств ППИ.

Растворы, которые подлежат к хранению, после приготовления перелить в плотно закрывающиеся сосуды. Эти сосуды маркируют: указывают названия, рецептуру и дату его приготовления. Вместимость сосуда для хранения должна быть такой, чтобы раствор заполнял его почти доверху.

По инструкциям по пользованию индикатора ППИ №1 срок хранения составляет 12 месяцев. Если индикатор значительно превысил срок хранения, то возможно, что данный раствор потерял свои свойства: уменьшение чувствительности, быстрое стекание с поверхности.

2.2 Контрольные течи для проверки работоспособности пенопленочных индикаторов

Контрольные течи предназначены для создания стабильного потока контрольного газа, а также калибровки и настройки безаппаратурных средств

индикации течей. Они настраивают на заданный порог чувствительности и устанавливают браковочный уровень контроля герметичности.

Контрольная течь «КТ-1» - калиброванный источник микропотоков пробного газа (гелия) для проверки качества дефектоскопических материалов при контроле пузырьковым и вакуумно-пузырьковым методом. Схема контрольной течи представлена на рисунке 6.

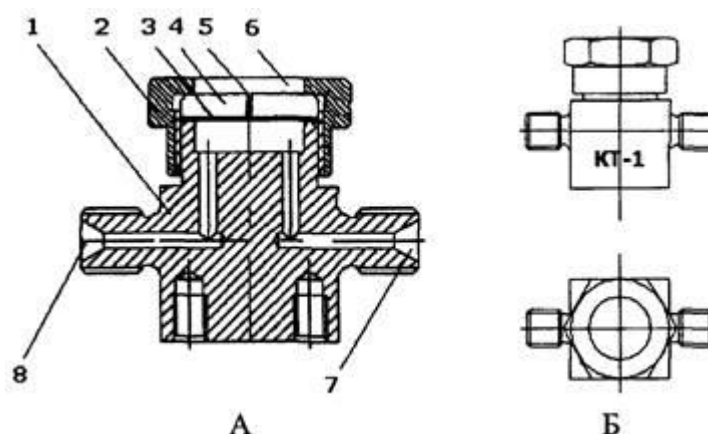


Рисунок 6 – конструкция контрольной течи КТ-1



А) 1 - корпус; 2 - прижимной кольцевой элемент, 3 - проницаемая мембрана; 4 - конденсор газа с емкостью для калибровки пузырьковым методом; 5 - капиллярный канал конденсора для выхода пробного газа; 6 - калибровочная емкость; 7, 8 - вход и выход для подключения к магистрали контрольного газа

Чувствительность индикаторов проверяют непосредственно перед испытаниями на контрольной течи, настроенной на величину $1 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3 \cdot \text{Па/с}$. При этом нанести эмульсию нужно ровным слоем толщиной 1,5 ... 2 мм на контрольную течь. После нанесения должны появиться единичный пузырек или пенное образование. .



2.3 Обзор составов пенопленочных индикаторов

В таблице 2 приведен краткий обзор пенопленочных составов, применяемых при пузырьковом методе контроля герметичности.

Таблица 2 – Обзор пенопленочных составов.

Наименование	Форма выпуска	Основа, состав	Чувствительность, $\text{м}^3 \cdot \text{Па}/\text{с}$	Условия использования	Цена, руб	вид
Аэрозольный баллон Proof Check	Аэрозольный баллон 400 мл.	Эмульсия, содержащая вещества, пленкообразующие и влагоудерживающие компоненты, газ-носитель – двуокись азота	$1,3 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3 \cdot \text{Па}/\text{с}$	Рабочий диапазон температуры от -30 до +30	550	
ППИ-1(хранится больше года).	Однолитровая банка	Поливиниловый спирт – 2-4 % Ингибиторы коррозии по ГОСТ 9.014-78– до 0,5% ПАВ – 0,05-2% Этиленгликоль – 0-30% Глицерин – 5-20% Вода – остальное	Не хуже $1,33 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3 \cdot \text{Па}/\text{с}$	Рабочий диапазон температуры от -10 до +30	620	

Продолжение таблицы 2

Мыльный раствор, изготовленного по рецептуре согласно [1]	Однолитровая банка	Вода, см ³ – 1000 Мыло туалетное или хозяйственное 65%-ное, г - 50	$1,1 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 \cdot \text{Па/с}$	Невозможность применять ее при отрицательных температурах из-за наличия воды в большом количестве	-	
Мыльный раствор, разбавленный 50%	Однолитровая банка	Вода, см ³ – 1000 Мыло туалетное или хозяйственное 65%-ное, г - 25	$1,1 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 \cdot \text{Па/с}$	Невозможность применять ее при отрицательных температурах из-за наличия воды в большом количестве	-	

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Контроль герметичности в последнее время приобретает особую актуальность в связи с достижением предельных значений ресурсных параметров машин и оборудования опасных производственных объектах подконтрольных Ростехнадзору РФ. Полые изделия имеют широкое применение в различных отраслях народного хозяйства, например, в машиностроении, химической, нефтегазовой, автомобильной, авиационной и пищевой промышленности.

Для оценки технического состояния значительного числа промышленных объектов и оборудования (отнесенных к опасным производственным объектам) успешно применяется контроль герметичности.

4.1.1 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее

слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

В таблице 4.1 приведена оценочная карта, включающая конкурентные технические разработки в области производства пенопленочных индикаторов.

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

Критерии оценки	Вес крите- рия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _{к1}	Б _{к2}	Б _{к3}	К _{к1}	К _{к2}	К _{к3}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Качество состава	0,15	2	4	5	0,3	0,6	0,75
2. Производительность	0,1	2	4	5	0,2	0,4	0,5
3. Сложность удаления	0,05	5	4	4	0,25	0,2	0,2
4. Удобство обслуживания	0,1	2	3	5	0,2	0,3	0,5
5. Чувствительность метода	0,15	3	4	5	0,45	0,6	0,75
6. Простота изготовления	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
2. Цена	0,2	5	4	3	1	0,8	0,6
3. Финансирование научной разработки	0,05	4	4	3	0,2	0,2	0,15
Итого	1				3,5	3,9	3,75

B_{k1} – мыльный раствор;

B_{k2} – Пенно-пленочный индикатор ППИ №1

B_{k3} – Аэрозольный индикатор Proof Check

По результатам проведенного анализа видно, что аэрозольный пенно-пленочный ППИ №1 не уступает другим индикаторам для контроля герметичности. Данный факт определенно обусловлен весьма весомыми достоинствами данной технологии, которые являются определяющими при выборе процесса: цена, качество, чувствительность.

4.1.2 SWOT-анализ

Для компактного описания ситуации, в рамках которой предстоит разрабатывать и реализовывать конкретный проект можно использовать такой метод как SWOT-анализ.

Strengths – сильные стороны;

Weakness – слабые стороны;

Opportunities – возможности;

Threats – угрозы.

Внутренняя среда проекта включает работников, занятых в проекте, способ или технология осуществления проекта, имеющиеся материально-вещественные и информационные ресурсы.

Внешняя среда может быть определена как множество сил и субъектов, которые оказывают непосредственное или опосредованное влияние на проект.

Факторы, оказывающие немедленное и непосредственное влияние, относятся к среде прямого воздействия; все другие, оказывающие опосредованное влияние на фирму – к среде косвенного воздействия.

К основным факторам среды прямого воздействия относятся поставщики, потребители, конкуренты и контактные аудитории.

Среда косвенного воздействия включает факторы, которые могут не оказывать немедленного воздействия на проект, но, тем не менее, сказываются на его результатах. Эти факторы можно подразделить на государственно-политические, экономические, социально-демографические, международные, научно-технологические и правовые и т.д.

По результатам ситуационного анализа можно оценить, обладает ли компания (проект) внутренними силами и ресурсами, чтобы реализовать имеющиеся возможности и противостоять угрозам, и какие внутренние недостатки требуют скорейшего устранения.

Таблица 4.2 – SWOT-анализ

Внешние факторы	Внутренние факторы		
		Сильные стороны проекта:	Слабые стороны проекта:
		1. Оптимальный выбор состава индикатора. 2. Простота использования применяемого метода. 3. Чувствительность пенно-пленочного индикатора. 4. Экономичность 5. Не требуется высокая квалификация работников	1. Скудность собственной ресурсной базы 2. Вложения в закупку индикаторов и их материалов 3. Более широкий штат сотрудников у конкурентов
	Возможности:		
	1. Создание минимального арсенала материалов. 2. Долгосрочное сотрудничество. 3. Большее количество сотрудников. 4. Повышение квалификации персонала.	Большой штат квалифицированных сотрудников и полный список необходимых приборов и материалов, наличие постоянного спроса.	Зависимость качества контроля от персонала и оборудования, усовершенствование условий труда.
	Угрозы:		
	1. Отсутствие материала у поставщиков. 2. Неправильно произведённый контроль. 3. Утечка кадров. 4. Изменение стандартов проведения контроля.	Сильная зависимость от поставщиков.	Необходимость повышения квалификации работников и обеспечение им выгодных условий труда.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в чей состав входят: бакалавр, научный руководитель, консультант по части социальной ответственности (СО) и консультант по экономической части (ЭЧ) выпускной квалификационной работы. Составим перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и проведем распределение исполнителей по видам работ (таблица 4.3).

Таблица 4.3 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
1	2	3	4
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель, консультант ЭЧ, СО, бакалавр
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, бакалавр,
	4	Патентный обзор литературы	Бакалавр
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, бакалавр
Теоретические исследования	6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Бакалавр
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, бакалавр
	8	Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель, бакалавр

Проведение ВКР			
Разработка технической документации и проектирование	9	Разработка плана проведения исследования	Бакалавр, Руководитель
	10	Проведение экспериментальной части	Бакалавр
	11	Оценка эффективности производства и применения разработки	Бакалавр, консультант по ЭЧ
	12	Разработка социальной ответственности по теме	Бакалавр, консультант СО
Оформление комплекта документации по ВКР	13	Составление пояснительной записки	Бакалавр

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаях образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула (2):

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{max i}}{5} \quad (2)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (3)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб.дн.;

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел. – дн;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле (5):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (5)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ — количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ — количество праздничных дней в году.

Таким образом:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 96 - 14} = 1,48.$$

Все рассчитанные значения необходимо свести в таблицу 4.4.

Таблица 4.4 – Временные показатели проведения научного исследования

№	Название работ	Трудоемкость работ									Исполнитель и	Т _р , раб. дн.			Т _р , кал. дн.		
		t _{min} , чел-дн.			t _{max} , чел-дн.			t _{ож} , чел-дн.				Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3							
1	Составление технического задания	0,5	0,5	0,5	2	2	2	1	1	1	Р	0,25	0,25	0,25	0,4	0,4	0,4
		0,5	0,5	0,5	2	2	2	1	1	1	Б	0,25	0,25	0,25	0,4	0,4	0,4
		0,5	0,5	0,5	2	2	2	1	1	1	К ₁	0,25	0,25	0,25	0,4	0,4	0,4
		0,5	0,5	0,5	2	2	2	1	1	1	К ₂	0,25	0,25	0,25	0,4	0,4	0,4
2	Выбор направления исследований	0,5	0,5	0,5	2	2	2	1	1	1	Р	0,5	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7
		0,5	0,5	0,5	2	2	2	1	1	1	Б	0,5	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7
3	Подбор и изучение материалов	5	5	5	10	10	10	7	7	7	Р	3,5	3,5	3,5	5,2	5,2	5,2
		5	5	5	10	10	10	7	7	7	Б	3,5	3,5	3,5	5,2	5,2	5,2
4	Литературный обзор	7	7	7	10	10	10	8	8	8	Б	8	8	8	11,8	11,8	11,8
5	Календарное планирование работ по теме	1	1	1	3	3	3	2	2	2	Р	1	1	1	1,5	1,5	1,5
		1	1	1	3	3	3	2	2	2	Б	1	1	1	1,5	1,5	1,5
6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	6	6	6	10	10	10	8	8	8	Б	8	8	8	11,8	11,8	11,8
7	Оценка эффективности результатов	3	3	3	8	8	8	6	6	6	Р	3	3	3	4,4	4,4	4,4
		5	5	5	13	13	13	9	9	9	Б	4,5	4,5	4,5	6,7	6,7	6,7
8	Определение целесообразности проведения ВКР	5	5	5	8	8	8	6	6	6	Р	3	3	3	4,4	4,4	4,4
		5	5	5	8	8	8	6	6	6	Б	3	3	3	4,4	4,4	4,4
9	Разработка плана проведения исследования	1	1	1	3	3	3	2	2	2	Р	1	1	1	1,5	1,5	1,5
		1	1	1	3	3	3	2	2	2	Б	1	1	1	1,5	1,5	1,5
10	Проведение экспериментальной части	5	5	5	14	14	14	10	10	10	Б	10	10	10	14,8	14,8	14,8
10	Оценка эффективности производства	7	7	7	13	13	13	10	10	10	Б	5	5	5	7,4	7,4	7,4
		7	7	7	13	13	13	10	10	10	К ₁	5	5	5	7,4	7,4	7,4
11	Разработка СО	7	7	7	13	13	13	10	10	10	Б	5	5	5	7,4	7,4	7,4
		7	7	7	13	13	13	10	10	10	К ₂	5	5	5	7,4	7,4	7,4
12	Составление пояснительной записки	10	10	10	20	20	20	16	16	16	Б	16	16	16	23,7	23,7	23,7

Р – руководитель;




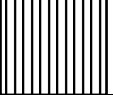

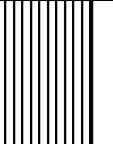

Б – бакалавр;

К₁ – консультант по экономической части;

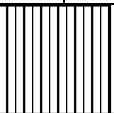
К₂ – консультант по социальной ответственности.

На основе таблицы 4 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта на основе таблицы 5 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица 4.5–Календарный план-график проведения НИОКР

Вид работы	Исполнители	T_{ki} , дней	Продолжительность выполнения работ										
			февраль		март			апрель			май		
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Составление технического задания	Руководитель, бакалавр, консультант ЭЧ, СО	0,4											
Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр	0,7											
Подбор и изучение материалов	Руководитель, бакалавр	5,2											
Патентный обзор литературы	Бакалавр	11,8											
Календарное планирование работ	Руководитель, бакалавр	1,5											
Проведение теоретических расчетов обоснований	Бакалавр	11,8											
Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, бакалавр	4,4 6,7											

Продолжение таблицы 4.5

Вид работы	Исполнители	T_{ki} , дней	Продолжительность выполнения работ										
			февраль		март			апрель			май		
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель, бакалавр	4,4											
Разработка плана проведения исследования	Бакалавр	1,5											
Проведение экспериментальной части	Бакалавр	14,8											
Оценка эффективности производства	Бакалавр, консультант ЭЧ	7,4							 				
Разработка социальной ответственности	Бакалавр, консультант СО	7,4								 			
Составление пояснительной записки	Бакалавр	23,7											

Руководитель	Бакалавр	Консультант ЭЧ	Консультант СО
			

4.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на основное оборудование для научно-экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

4.2.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

- приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;
- покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения нормального технологического процесса и для упаковки продукции или расходуемых на другие производственные и хозяйственные нужды (проведение испытаний, контроль, содержание, ремонт и эксплуатация оборудования, зданий, сооружений, других основных средств и прочее), а также запасные части для ремонта оборудования, износа инструментов, приспособлений, инвентаря, приборов, лабораторного оборудования и других средств труда, не относимых к основным средствам, износ спецодежды и других малоценных и быстроизнашивающихся предметов;
- покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;

– сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований (испытаний) и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий – объектов испытаний (исследований);

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) * \sum_{i=1}^m C_i + N_{расхi}, \quad (6)$$

где m - количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ - количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт, кг, м, м² и т.д);

C_i - цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб/шт., руб/кг, руб/м, руб/м² и т.д)

k_T - коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносим в таблицу 4.6.

Таблица 4.6 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед. руб			Затраты на материалы		
		Исп1	Исп2	Исп3	Исп1	Исп2	Исп3	Исп1	Исп2	Исп3
Очиститель	Шт.	1	1	1	450	450	450	540	540	540
Салфетки	Шт.	10	10	10	8	8	8	96	96	96

Пенно- пленочный индикатор ППИ-1	Шт.	-	1	-	490	-	-	-	550	-
Аэрозольный пенно- пленочный индикатор	Шт.	-	-	1	540	-	-	-	-	620
Итого								634	1186	1276

4.2.4.2 Расчет затрат на оборудование для научно-экспериментальных работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме.

Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. Расчет затрат по данной статье заносится в таблицу 11. При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного НТИ и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений.

Таблица 4.7 – Расчет бюджета на приобретение оборудования для научных работ.

№ п/п	Наименование оборудования	Количество			Цена единицы оборудования,			Затраты на материалы		
		Исп1	Исп2	Исп3	Исп1	Исп2	Исп3	Исп1	Исп2	Исп3
1	Штангенциркуль ШЦЦ-1-125 0.01 губ. 40мм SHAN	1	1	1	1900	1900	1900	2185	2185	2185
2	Лупа увеличительная	1	1	1	400	400	400	460	460	460
3	Компрессор	1	1	1	21000	21000	21000	24150	24150	24150
Итого								26795	26975	26975

4.2.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп} , \quad (7)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $З_{осн}$).

Основная заработная плата ($З_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p , \quad (8)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица 14);

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (9)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб.дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб.дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн.

В таблице 4.8 приведен баланс рабочего времени каждого работника НТИ.

Таблица 4.8–Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр	Консультант ЭЧ	Консультант СО
Календарное число дней	365	365	365	365
Количество нерабочих дней				
• выходные дни:	52	52	52	52
• праздничные дни:	14	14	14	14
Потери рабочего времени				
• отпуск:	48	48	48	48
• невыходы по болезни:	7	7	7	7
Действительный годовой фонд рабочего времени	245	245	245	245

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{ип} + k_d) \cdot k_p, \quad (10)$$

где $Z_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $З_{тс}$);

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от $З_{тс}$);

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Тарифная заработная плата $З_{тс}$ находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда $T_{с1} = 600$ руб. на тарифный коэффициент k_t и учитывается по единой для бюджетных организации тарифной сетке. Для предприятий, не относящихся к бюджетной сфере, тарифная заработная плата (оклад) рассчитывается по тарифной сетке, принятой на данном предприятии. Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Расчет основной заработной платы

Категория	$З_{тс}$, руб.	k_d	k_p	$З_m$, руб.	$З_{дн}$, руб.	T_p , раб.дн.	$З_{осн}$, руб.
Руководитель							
ППСЗ	12070	0,3	1,3	25105,6	1065,7	13,9	14813,2
Бакалавр							
ППС1	8600	0,3	1,3	17888	759,3	72,4	54973,3
Консультант ЭЧ							
ППСЗ	20080	0,3	1,3	41766,4	1772,9	6	10637,4
Консультант СО							
ППСЗ	20080	0,3	1,3	41766,4	1772,9	6	10637,4
Итого							91061,3

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} , \quad (11)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Общая заработная исполнителей работы представлена в таблице 10.

Таблица 4.10 – Общая заработная плата исполнителей

Исполнитель	$Z_{осн}$, руб.	$Z_{доп}$, руб.	$Z_{зп}$, руб.
Руководитель	14813,2	2221,9	17035,1
Бакалавр	54973,3	8245,9	63219,2
Консультант ЭЧ	10637,4	1595,6	12233
Консультант СО	10637,4	1595,6	12233
Итого	91061,3	13659	104720,3

4.2.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (12)$$

Где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2014 г. в соответствии с Федеральным закона от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30 %. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1% .

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	14813,2	2221,9

Бакалавр	54973,3	8245,9
Консультант ЭЧ	10637,4	1595,6
Консультант СО	10637,4	1595,6
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого:	28379,2	

4.2.4.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} \cdot (\text{сумма статей } 1 \div 5), \quad (13)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16 %.

$$З_{\text{накл}} = 0,16 \cdot (1186 + 26795 + 91061,3 + 13659 + 28379,2) = 25728,8$$

4.2.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 11.

Таблица 4.12 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НТИ	634	1186	1276	таблица 6
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	26975			таблица 7
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	91061,3			таблица 8
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	13659			таблица 9
5. Отчисления во внебюджетные фонды	28379,2			таблица 10
6. Накладные расходы	25713,4	25801,6	25816,0	16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НТИ	186421,9	187061,6	187166,0	Сумма ст. 1-6

Как видно из таблицы 4.12 основные затраты НТИ приходятся на затраты по основной заработной плате для научных работ.

4.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (14)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах, либо соответствующее численное удешевление стоимости в размах.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (15)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a , b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки;
устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;
 n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в форме таблицы 4.13.

Таблица 4.13 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Качество состава	0,15	2	4	5
2. Производительность	0,1	2	4	5
3. Сложность удаления	0,05	5	4	4
4. Удобство обслуживания	0,1	2	3	5
5. Чувствительность метода	0,15	3	4	5
6. Простота изготовления	0,1	5	4	4
7. Конкурентоспособность продукта	0,1	4	4	4
8. Цена	0,2	5	4	3
9. Финансирование научной разработки	0,05	4	4	3
Итого	1	3,5	3,9	3,75

Сравнив значения интегральных показателей ресурсоэффективности можно сделать вывод, что реализация технологии в первом исполнении является более эффективным вариантом для проектирования с позиции ресурсосбережения.

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.i.}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}^{исп.1}}, I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр}^{исп.2}} \text{ и т.д.} \quad (16)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см. таблицу 4.14) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (17)$$

Таблица 4.14 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,996	1	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,5	3,9	3,75
3	Интегральный показатель эффективности	3,486	3,9	3,75
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,89	1	0,96

Вывод: сравнительный анализ интегральных показателей эффективности показывает, что предпочтительным раствором для контроля пузырьковым методом является второй вариант исполнения, так как данный вариант исполнения является наиболее экономичным и ресурсоэффективным, но и третий вариант не уступает в эффективности.

В рамках данного раздела ВКР была проведена оценка конкурентоспособности жидкофазного метода получения винилацетата сравнению с другими методами, рассчитан показатель, оценивающий перспективность данной технологии, который определяет уровень перспективности как «выше среднего». Был составлен перечень этапов работ и определена их трудоемкость, построен календарный план-график выполнения работ. Рассчитан ориентировочный бюджет на создание научной разработки, а также проведена оценка эффективности научного исследования с позиции ресурсосбережения и сравнительная эффективность разработки.